

Light metal part activation for casting with another light metal part

Patent Number: ☐ US6074763
Publication date: 2000-06-13
Inventor(s): STOCKER PETER (DE); RUECKERT FRANZ (DE)
Applicant(s): DAIMLER CHRYSLER AG (DE)
Requested Patent: ☐ DE19634504
Application Number: US19970917967 19970827
Priority Number (s): DE19961034504 19960827
IPC Classification: B21C1/00
EC Classification: B22D19/00, B24C3/32, B24C11/00, F02F1/10, F02F7/00
Equivalents: BR9704502, CN1083741B, CN1180598, ☐ EP0826444, B1, ES2152061T, ☐ JP10094867, JP3054816B2, KR256706

Abstract

A cylinder-liner blank which preferably consists of a hypereutectic aluminum/silicon alloy and is cast into a crankcase. A special surface treatment achieves better material bonding of the liner in the crankcase. The blank has a roughness of 30 to 60 μm on its outside, in the form of pyramid-like or lancet-like protruding material scabs or material accumulations. To obtain this roughness, the surface is blasted with particles which are broken so as to have sharp edges and consist of a brittle hard material, preferably high-grade corundum, with an average grain size of about 70 μm . A fine fraction is formed and is continuously separated off. The average grain size is maintained by adding new particles.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 34 504 A 1**

⑤① Int. Cl. 6:
B 22 D 19/00
B 24 C 3/32
B 22 D 15/02
F 02 F 1/00
F 02 F 7/00

②① Aktenzeichen: 196 34 504.9
②② Anmeldetag: 27. 8. 96
②③ Offenlegungstag: 4. 12. 97

DE 196 34 504 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦① **Anmelder:**

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,
DE

⑦② **Erfinder:**

Rückert, Franz, Dr.-Ing., 73760 Ostfildern, DE;
Stocker, Peter, Dipl.-Ing., 71560 Sulzbach, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

DE	38 36 585 A1
EP	04 24 109 A2
WO	95 29 024

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ In ein Leichtmetall-Gußteil einzuzugießender Rohling eines anderen Leichtmetallteiles und Verfahren zum Herstellen eines solchen Rohlinges

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen in ein Kurbelgehäuse einzuzugießenden Rohling einer Zylinderlaufbüchse vorzugsweise aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung und ein Verfahren zu dessen Herstellung. Durch eine besondere Oberflächenbehandlung soll eine bessere stoffschlüssige Einbindung der Laufbüchse in das Kurbelgehäuse erreicht werden. Und zwar weist der Rohling auf seiner Außenseite eine Rauheit von 30 bis 60 µm in Form pyramidenähnlicher oder lanzettartiger Materialausschülpungen oder -aufwerfungen auf. Dies wird durch Bestrahlen der Oberfläche mit scharfkantig gebrochenen Partikeln aus einem spröden Hartwerkstoff, vorzugsweise Edelmetall, einer mittleren Korngröße von etwa 70 µm erreicht. Eine sich bildende Feinfraktion wird laufend abgeschieden und durch Zugabe von neuen Partikeln die mittlere Korngröße aufrechterhalten.

DE 196 34 504 A 1

Die Erfindung betrifft einen in ein Leichtmetall-Gußteil einzugießenden Rohling eines anderen Leichtmetallteiles nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 und ein Verfahren zu dessen Herstellung nach dem Oberbegriff von Anspruch 6, wie beides beispielsweise aus der DE 44 38 550 A1 am Beispiel einer in ein Kurbelgehäuse eingegossenen Zylinderlaufbüchse als bekannt hervorgeht.

Durch das Eingießen von gesondert gefertigten Zylinderlaufbüchsen in Leichtmetall-Kurbelgehäuse kann die Zylinderlaufbüchse im Hinblick auf die Laufeigenschaften des Hubkolbens darin unabhängig von dem Werkstoff des Kurbelgehäuses optimiert werden. Hierbei hat man auch schon beachtliche Erfolge erzielen können. Allerdings können sich Probleme beim Eingießen der Zylinderlaufbüchsen in das Leichtmetall-Kurbelgehäuse dadurch ergeben, daß die Bindung der Büchsenaußenseite mit dem Kurbelgehäusewerkstoff nur unzureichend ist. Durch eine stoffschlüssig unvollkommene Anbindung kann es im Motorbetrieb zu einer Behinderung des Wärmeabflusses der Abwärme des Hubkolbenmotors und in besonders ungünstig gelagerten Fällen sogar zu einem Lockern der Zylinderlaufbüchse im Kurbelgehäuse kommen. Bei anderen einzugießenden Teilen, beispielsweise geschmiedete Kolbenmulden in einem gegossenen Kolben, ist eine gute Bindung allein schon aus Festigkeitsgründen unverzichtbar.

Die DE 43 28 619 C2 geht auf die Problematik einer guten stoffschlüssigen Bindung der Leichtmetall-Komponenten beim Eingießen insbesondere am Beispiel einer einzugießenden Zylinderlaufbüchse ein und will einen porenfreien Stoffschluß zwischen Büchsenaußenseite und Gehäusewerkstoff durch eine gezielte Vorwärmung der Zylinderlaufbüchse erreichen. Der auf eine bestimmte Temperatur, beispielsweise 450° C vorgewärmte und in die Gießform eingebrachte Rohling einer Zylinderlaufbüchse wird durch die einströmende Schmelze des Gehäusematerials oberflächlich angeschmolzen und geht dadurch eine innige Verbindung mit dem Gehäusewerkstoff ein. Durch eine hohe, parallel zur Kontaktfläche gerichtete Strömung der Schmelze wird dieser Effekt noch begünstigt, indem nicht nur aufgrund eines besseren Wärmeaustauschers ein vermehrtes Anschmelzen bewirkt wird, sondern indem auch die stets vorhandene Oxidhaut von der Kontaktseite der Büchse abgewaschen wird. Diese intensive Relativströmung der Schmelze kann durch verschiedene Maßnahmen gewährleistet werden. Die genannte Druckschrift erwähnt in diesem Zusammenhang eine geschickte Auswahl und Verteilung der Angußstellen oder ein Rühren der Schmelze oder auch ein Induzieren von elektrischen Wirbelströmen, die Fluidströmungen in der Schmelze verursachen. Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß die auf Temperaturen, die ein sicheres Anschmelzen bewirken, vorgewärmten Büchsenrohlinge insbesondere beim Gießen von vielzylindrigen Kurbelgehäusen nur schwierig zu handhaben sind. Beim sukzessiven Einsetzen der einzelnen, vorgewärmten Büchse in das Gießwerkzeug muß entweder — abkühlungsbedingt — mit unterschiedlichen Büchsentemperaturen beim Abguß gerechnet werden oder es müssen in das Gießwerkzeug Heizelemente zum Warmhalten der bereits eingesetzten Büchsenrohlinge vorgesehen werden, was das Gießwerkzeug komplizierter macht und die Wärmeabfuhr des erstarrenden Gußwerkstückes beeinträchtigt. In jedem Fall muß ein Vorwärmofen installiert werden, der

weitere Investitionskosten und der vor allem laufende Energiekosten verursacht. Außerdem können die hohen Vorwärmtemperaturen zu unerwünschten Gefügeveränderungen im Werkstoff der Zylinderlaufbüchse führen, die deren Laufeigenschaften ungünstig beeinflussen können. Tribologisch relevante Gefügeveränderungen werden auf jeden Fall erreicht, wenn der Büchsenrohling beim Eingießen bis nahen in den Bereich der Lauffläche aufgeschmolzen wird. Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß beim Büchsenrohling an der Innenseite ein Bearbeitungsaufmaß von wenigstens etwa 1 mm vorgesehen ist. Um also ein Durchschmelzen des Büchsenrohlings wirklich an allen Stellen zu verhindern, müßte ein entsprechend dickwandiger Rohling vorgesehen werden. Aus Gründen eines möglichst geringen Zylinderabstandes ist jedoch eine möglichst dünnwandige Zylinderlaufbüchse erwünscht. Ist die Büchse hingegen — aus welchen Gründen auch immer, d. h. aus Vorsicht oder aus Nachlässigkeit — nicht genügend vorgewärmt, so stehen zumindest beim Druckgießen nur sehr kurze Zeiten beim Formfüllen und bis zur beginnenden Erstarrung zur Verfügung, so daß in der Kürze der hier verfügbaren Zeiten die Anschmelz-Maßnahmen der angesprochenen Art nicht oder nur sehr unvollkommen greifen können.

Aufgabe der Erfindung ist es, den gattungsgemäß zugrundegelegte Rohling eines einzugießenden Leichtmetallbauteiles sowie das entsprechende Herstellungsverfahren dahingehend zu verbessern, daß die Rohlinge auch ohne Vorwärmung auf breiter Fläche einen innigen Stoffschluß beim Eingießen mit dem Gußwerkstoff des Umgußteiles eingehen.

Diese Aufgabe wird bei Zugrundelegung des gattungsgemäßen Rohlings erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 und bezüglich des verfahrensmäßigen Aspektes durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 6 gelöst. Wichtig ist, daß die außenseitig liegende Kontaktfläche des Rohlings eine Topographie mit einer Vielzahl spitz auslaufender Materialerhebungen, z. B. in pyramidenähnlicher oder lanzettartiger Form aufweist, die an ihrer Basis breitflächig ungestört in den Basiswerkstoff des Rohlings übergehen. Die Spitzen dieser vielen kleinen pyramiden- oder lanzettartigen Materialausschülpungen bzw. -aufwerfungen an der Kontaktseite des Rohlings schmelzen trotz der bestehenden Oxidhaut beim Kontakt mit der Schmelze des Umgußteiles schlagartig im Bereich ihrer Spitze an, weil auf dieser kleinen Kontaktzone die über den Schmelze-Kontakt zugeführte Wärmeenergie ausreichend hoch und der Wärmeabfluß in die Tiefe des Werkstoffes zunächst noch gering ist, so daß lokal genügend Energiedichte zur Verfügung steht, um die Barriere der Oxidhaut lokal zu überwinden. Die eingeleiteten Anschmelzungen breiten sich sehr rasch in der oberflächennahen Schicht auf der Kontaktseite des Rohlings aus. Die pyramidenähnlichen oder lanzettartigen Materialausschülpungen bzw. -aufwerfungen stellen also Initialisierungsstellen für den Anschmelzvorgang dar. Wegen des raschen Voranschreitens eines einmal begonnenen Anschmelzvorganges und wegen der sehr dichten Besetzung der Kontaktseite mit solchen Initialisierungsstellen wachsen die begonnenen Anschmelzungen sehr schnell zu einer zusammenhängenden oberflächennahen Anschmelzzone zusammen. Die Anschmelzung breitet sich also rasch in der Fläche aus, dringt aber nur relativ wenig in die Tiefe der Rohlingwandung ein, so daß auf der gegenüberliegenden Wandungsseite des Rohlings, z. B. auf der Laufseite des Kol-

bens, das Gefüge unbeeinflusst bleibt.

Mit der Erfindung sind die folgenden zahlreichen und recht unterschiedlichen Vorteile erzielbar:

- Entfall einer Vorwärmung des Eingußteiles, insbesondere des Büchsenrohrlings zum Eingießen mit den damit zusammenhängenden Investitions- und Betriebskosten sowie den Handhabungsproblemen;
- durch das Aufrauen der Außen- bzw. Kontaktfläche des Eingußteiles wird zugleich die Wirkung einer ohnehin erforderlichen Reinigung erzielt, so daß ein gesondertes Reinigen entbehrlich ist; der investive und laufende Kostenaufwand für das Aufrauen ist etwa vergleichbar mit dem für ein Reinigen, so daß das Aufrauen praktisch keinen Mehraufwand erfordert;
- im Falle von einzugießenden Büchsenrohlingen können mit hoher Prozeßsicherheit tribologisch relevanten Gefügeveränderungen auf der Laufseite des Büchsenrohrlings vermieden werden;
- Ermöglichung dünnerer Wandstärken beim Eingußteil; zumindest können dünnere Wandstärken prozeßsicher beherrscht werden als beim Eingießen mit Gußteilverwärmung;
- dünnere Zylinderwandstärken erlauben geringere Zylinderabstände und somit bei gleichem Hubraum kürzere, leichtere und kostengünstigere Motoren, die kleinere Motorräume im Kraftfahrzeug und — massebedingt — einen geringeren Kraftstoffverbrauch für das damit angetriebene Kraftfahrzeug ermöglichen;
- gegenüber dem Eingießen nicht-aufgerauhter Eingußteile ist eine bessere und über der Erstreckung der Kontaktfläche weithin gleichmäßig gute metallurgische Verbindung zwischen Eingußteil und Umgußteil erzielbar;
- im Falle von Zylinderlaufbüchsen ist dadurch — wie Messungen ergeben haben — eine höhere Fertigungsgenauigkeit, insbesondere ein geringerer fertigungsbedingter Zylinderverzug erzielbar, weil eine stoffschlüssig gut in das Kurbelgehäuse eingebundene Zylinderlaufbüchse steifer ist als eine im wesentlichen nur formschlüssig umfaßte Büchse;
- aufgrund der besseren metallurgischen Anbindung der Büchse an den Gehäusewerkstoff ist eine höhere Steifigkeit und eine in Umfangs- und Axialrichtung gleichmäßige, also homogene Zylinderwandung und bei Montage des Zylinderkopfes mit zwischengeschalteter Dichtung ein geringerer montagebedingter Zylinderverzug erzielbar;
- wegen der hochfesten stoffschlüssigen Einbindung der Zylinderlaufbüchse in das Kurbelgehäuse sind endseitige Sicherungsbünde an der Büchse entbehrlich, wodurch die Büchse fertigungstechnisch besonders einfach gestaltet und somit kostengünstig herstellbar ist;
- im Falle von Zylinderlaufbüchsen ist aufgrund der besseren metallurgischen Anbindung der Büchse an den Gehäusewerkstoff im Motorbetrieb ein besserer und in der Fläche gleichmäßiger Wärmeübergang, ein gleichmäßigeres Temperaturprofil der Zylinderlaufbüchse in Umfangs- und in Axialrichtung und ein geringerer thermisch bedingter Zylinderverzug erzielbar;
- außerdem ist das Temperaturniveau der gut eingebundenen Zylinderlaufbüchse insgesamt niedriger als bei nicht-aufgerauht eingegossenen Zylind-

derlaufbüchsen, was sich im Motorbetrieb günstig auf die Ölabdampftrate und somit auf den Ölverbrauch und auf den Gehalt an schmierölseitig verursachten Kohlenwasserstoffen im Abgas auswirkt;

- höhere fertigungsbedingte Formgenauigkeit, geringere montagebedingte Zylinderverzüge und geringere betriebsbedingte Temperaturverzüge der Zylinderlaufbüchsen wiederum erlauben ein geringeres Kolbenspiel, was sich günstig auf den Gehalt an kraftstoffseitig verursachten Kohlenwasserstoffen im Abgas auswirkt;
- die hohe Formgenauigkeit der Lauffläche ergibt darüber hinaus eine geringer Schwingungsanregung für den Kolben und somit einen ruhigeren Motorbetrieb;
- die hohe Formgenauigkeit der Lauffläche ergibt aber auch eine bessere Dichtwirkung der Kolbenringe und somit geringere Durchblasverluste und einen geringeren Ölverbrauch, also einen besseren Wirkungsgrad, einen geringeren Kraftstoffverbrauch und geringere Emissionen insbesondere an ölseitig verursachten Kohlenwasserstoffen.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

Fig. 1 eine partielle Schnitt-Ansicht einer Hubkolbenmaschine mit eingegossener Zylinderlaufbüchse,

Fig. 2 das Rohteil der Zylinderlaufbüchse für die Hubkolbenmaschine nach Fig. 1 in Einzeldarstellung,

Fig. 3 einen metallographischen Querschnitt durch die Wandung des Rohteils nach Fig. 2 in einem oberflächennah liegenden Bereich — Detail III gemäß Fig. 2 —, die Art der Rauheit der außenseitigen Oberfläche zeigend,

Fig. 4 eine rasterelektronen-mikroskopische Photographie eines außenseitigen Oberflächenausschnittes — Einzelheit IV in Fig. 2 — des Rohteils nach Fig. 2, die Topographie der Oberfläche zeigend,

Fig. 5 einen metallographischen Querschnitt durch die Zylinderwandung des Kurbelgehäuses nach Fig. 1 im Grenzbereich zwischen eingegossener Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff — Detail V gemäß Fig. 1 —, an einer Stelle guter stoffschlüssiger Bindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff,

Fig. 6 einen ähnlichen metallographischen Querschnitt wie nach Fig. 5, jedoch bei einer um den Faktor 10 geringeren Vergrößerung als Fig. 5 und an einer Stelle poröser Bindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff,

Fig. 7 einen ähnlichen metallographischen Querschnitt wie nach Fig. 6 und bei gleicher Vergrößerung wie Fig. 6, jedoch an einer Stelle ohne Bindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff,

Fig. 8a bis 8f eine Folge von Ultraschall-Remissions-Aufnahmen der Laufflächen von eingegossenen und vor dem Eingießen erfindungsgemäß außenseitig aufgerauhten Zylinderlaufbüchsen eines sechszylindrigen Kurbelgehäuses, die Verteilung der Bindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff über der — abgewinkelten — Mantelfläche der Zylinderlaufbüchse zeigend, wobei der kreuzschraffierte, eine gute stoffschlüssige Bindung repräsentierende Bereich anteilig eine große Fläche einnimmt,

Fig. 9a bis 9h zum Vergleich eine ähnliche Folge von

Ultraschall-Remissions-Aufnahmen eines prinzipiell baugleichen, jedoch achtzylindrigen Kurbelgehäuses, bei dem die Büchsenrohlinge außenseitig in konv. ntioneller W is spanabhebend überdreht waren, wobei der kreuzschraffierte Bereich einer guten Bindung anteilig eine kleine Fläche einnimmt,

Fig. 10 eine Verfahrensordnung zum Partikelstrahlen der Außenfläche des Laufbüchsenrohlinges,

Fig. 11 eine vergrößerte Einzeldarstellung einiger weniger scharfkantig gebrochener Hartstoff-Partikel, die beim erfindungsgemäßen Oberflächenstrahlen verwendet werden und

Fig. 12 ein Diagramm mit verschiedenen Häufigkeitsverteilungen der Größe der Strahlpartikel im Neuzustand, nach Gebrauch und nach Pflege des Strahlmaterials.

Die in Fig. 1 partiell dargestellte Hubkolbenmaschine enthält ein Kurbelgehäuse 2 aus Druckguß, in der nach oben freistehende Zylindermäntel 4 (in sog. open-deck-Bauweise) zur Aufnahme einer Zylinderlaufbüchse 6 angeordnet sind, in denen ein Kolben 3 auf und ab beweglich geführt ist. Oben auf dem Kurbelgehäuse 2 ist unter Zwischenfügung einer Zylinderkopfdichtung ein Zylinderkopf 1 mit den Einrichtungen für einen Ladungswechsel und die Ladungszündung angebracht. Innerhalb des Kurbelgehäuses ist um den Zylindermantel 4 herum ein Hohlraum zur Bildung eines Wassermantels 5 für die Zylinderkühlung vorgesehen.

Die Zylinderlaufbüchse 6 wird zuvor als Einzelteil nach einem hier nicht näher interessierenden Verfahren in einer vorzugsweise übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung hergestellt, dann als Rohteil in das Kurbelgehäuse 2 eingegossen und gemeinsam mit dem Kurbelgehäuse fertig bearbeitet.

Wichtig beim Eingießen der Zylinderlaufbüchse in das Kurbelgehäuse ist, daß auf einem möglichst großen Flächenanteil eine gute, ungestörte stoffschlüssige Verbindung zwischen Büchsenwerkstoff und Gehäusewerkstoff zustandekommt. Zu diesem Zweck weist der Rohling 9 auf seiner vom Werkstoff 16 des Leichtmetall-Kurbelgehäuses 2 zu umfassenden, außenseitigen Oberfläche 10 eine gewisse Mindestrauheit von Rauheit 20 µm, vorzugsweise von 30 bis 60 µm auf, wobei die Topographie dieser Oberfläche durch spitz auslaufende, in grober Näherung pyramidenähnliche oder lanzettartige Materialausschülpungen oder Materialaufwerfungen 11 gebildet ist. Die außen spitz auslaufenden, in ihrer Form und Größe stochastisch ausgebildeten und annähernd gleichmäßig über die Oberfläche 10 verteilten Materialerhebungen 11 gehen an ihrer Basis breitflächig ungestört in den Basiswerkstoff der Zylinderlaufbüchse über. Beim Zusammentreffen der Schmelze des Gehäusewerkstoffes mit der Außenfläche 10 der Zylinderlaufbüchse schmelzen die Spitzen dieser vielen kleinen Materialerhebungen trotz einer Oxidhaut schlagartig an, weil auf dieser kleinen Kontaktzone die über den Schmelze-Kontakt zugeführte Wärmeenergie ausreichend hoch und der Wärmeabfluß in die Tiefe des Werkstoffes zunächst noch gering ist, so daß lokal genügend Energiedichte zur Verfügung steht, um die Barriere der Oxidhaut lokal überwinden zu können. Die eingeleiteten Anschmelzungen breiten sich sehr rasch in der oberflächennahen Schicht auf der Kontaktseite des Büchsenrohlings aus. Wegen des raschen Voranschreitens eines einmal begonnenen Anschmelzvorganges und wegen der sehr dichten Besetzung der Kontaktseite mit solchen Initialisierungsstellen wachsen die beginnenden Anschmelzungen sehr schnell zu einer zusammen-

hängenden oberflächennahen Anschmelzzone zusammen. Die Anschmelzung breitet sich also rasch in der Fläche aus, dringt aber nur relativ wenig in die Tiefe der Büchsenwandung ein, so daß nah der Kolbenlaufseite der Büchse das Gefüge unbeeinflusst bleibt, wobei hier auch noch ein Bearbeitungsaufmaß von wenigstens 1 mm zu berücksichtigen ist. Es kommt beim Eingießen trotz eines geringen Temperaturniveaus der in das Gießwerkzeug eingelegten Zylinderlaufbüchsen breitflächig eine gute stoffschlüssige Verbindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Kurbelgehäuse zustande. Dank des geringen Temperaturniveaus, beispielsweise Raumtemperatur, lassen sich die Zylinderlaufbüchsen problemlos handhaben und lagern. Die gute Bindung beim Eingießen kommt sogar auch dann noch zustande, wenn die in das Gießwerkzeug eingelegten Zylinderlaufbüchsen mittelbar über den werkzeugseitigen Zentrierdorn, auf den sie lagedefiniert aufgesteckt sind, gekühlt werden. Durch diese Kühlung, beispielsweise aufgrund einer Wasserdurchströmung des Zentrierdornes, können nicht nur die Abkühlzeiten des Gußstückes reduziert und somit die Produktivität gesteigert werden, sondern es kann auch eine u. U. gefügeverändernde Erwärmung des Büchsengefüges weit unterhalb der Schmelztemperatur verhindert werden.

Die Qualität der erzielbaren, guten stoffschlüssigen Verbindung sei nachfolgend anhand der Fig. 5 bis 9 näher erläutert. In der Figurenfolge 5, 6 und 7 sind drei grundsätzlich unterscheidbare Bindungsqualitäten in einem metallographischen Querschnitt aus der Kontaktzone 17 zwischen eingegossener Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff — Detail V gemäß Fig. 1 — gezeigt.

Fig. 5 zeigt in einer sehr starken, durch einen gedehnten Maßstab angedeutete Vergrößerung eine gute stoffschlüssige Bindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff, die in den Darstellungen der Fig. 8a bis 8f bzw. 9a bis 9h kreuzschraffiert angedeutet ist. Die Darstellung der Fig. 5 läßt deutlich den ungestörten Übergang des Werkstoffes 15 der Zylinderlaufbüchse in den Werkstoff 16 des Kurbelgehäuses an der ehemaligen Kontaktzone 17 erkennen.

Fig. 6 zeigt einen ähnlichen metallographischen Querschnitt wie Fig. 5, jedoch bei einer um den Faktor 10 geringeren Vergrößerung, erkennbar an dem angegebenen Maßstab, an einer Stelle poröser Bindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff, deren Erstreckung in den Darstellungen der Fig. 8a bis 8f bzw. 9a bis 9h punktiert dargestellt ist. Es wechseln hier kleine Stellen guter Bindung mit ausgedehnten Bereichen einer frontartigen Absetzung der unterschiedlichen Werkstoffe, in die auch Luft einschüsse eingelagert sind.

In dem bei gleicher Vergrößerung wie Fig. 6 gezeigten, metallographischen Querschnitt nach Fig. 7 ist einer Stelle ohne Bindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff zu sehen; solche Bereiche sind in den Darstellungen der Fig. 8a bis 8f bzw. 9a bis 9h weiß gelassen. An der Kontaktzone 17 sind hier ein kleiner Spalt von wenigstens 1 µm Spaltweite und mehrere Luft einschüsse zu erkennen.

In den Fig. 8a bis 8f einerseits bzw. den Fig. 9a bis 9h andererseits sind Ultraschall-Remissions-Aufnahmen (dazu näheres weiter unten) der Laufflächen von eingegossenen und vor dem Eingießen außenseitig unterschiedlich behandelten Zylinderlaufbüchsen eines sechs- bzw. achtzylindrigen Kurbelgehäuses gezeigt, wobei die Fig. 8a bzw. 9a dem ersten Zylinder, 8b bzw. 9b dem

zweiten Zylinder usw. und die Fig. 8f dem sechsten bzw. Fig. 9h dem achten Zylinder des Kurbelgehäuses zugeordnet ist. Es handelt sich in beiden Fällen um Motoren mit V-förmiger Anordnung der Zylinderbänke, weshalb die Remissionsaufnahmen der einzelnen Zylinder in zwei Reihen angeordnet sind. Die langen Seiten der Rechtecke entsprechen dem oberen bzw. der unteren Ende der Zylinderlauffläche. Die kurzen Seiten entsprechen der Mantellinie der Laufflächen, die zur Vorderseite oder Steuergehäusesseite der Brennkraftmaschine weist; die vertikale Mittellinie der rechteckigen Mantelfläche weist zur hinteren Seite des Motors hin, wo das Getriebe angeordnet ist. Die vertikalen Ein-Viertel-Teilungslinien bzw. die Drei-Viertel-Teilungslinien der Aufnahmen muß man sich an den Seiten der Zylinderreihen liegend vorstellen. Und zwar entsprechen die zur Mitte der Fig. 8 bzw. 9 zugekehrt liegenden o.g. Teilungslinien der Remissionsaufnahmen den zur Mitte des V-Motors zugekehrt liegenden Mantellinien, also denen auf der Einlaßseite, wogegen die zum Figurenrand zugekehrt liegenden Teilungslinien den außenseitig liegenden Mantellinien — auf der Auslaßseite — entsprechen.

Solche Ultraschall-Remissions-Aufnahmen werden unter Wasser gewonnen, wobei das Wasser als Ausbreitungs- und Kontaktmedium zwischen Ultraschallquelle bzw. -empfänger einerseits und zu untersuchendem Objekt andererseits dient. Das Wasser und der Wandungswerkstoff stellen gewissermaßen ein mehr oder weniger homogenes Ausbreitungsmedium für den Ultraschall dar, welches durch Fehlstellen im Metall, beispielsweise quer zur Ausbreitungsrichtung liegende Spalte oder nicht-stoffschlüssige Kontaktstellen gestört ist. Derartige Fehlstellen vermag der Ultraschall nur zu einem geringen Bruchteil zu überbrücken, wogegen der größere Anteil der primären Schallenergie an solchen Fehlstellen reflektiert wird. Zentrisch in der Mitte der zu prüfenden Zylinderlaufbüchse wird auf einer bestimmten Höhe und mit einer bestimmten Orientierung ein Ultraschallsender, der zugleich Ultraschallempfänger ist, angeordnet. Der Ultraschallsender emittiert eng gebündelt ein sehr kurzes Ultraschallsignal und der Ultraschallempfänger empfängt das von der Zylinderwand reflektierte Echo, wobei nicht die Laufzeit sondern die Intensität des Echos erfaßt wird. Durch diese Art der Ultraschalluntersuchung werden nichtmetallische Einschlüsse innerhalb des zu untersuchenden Objektes durch einen Anstieg der Intensität des remittierten Schalles detektiert, ähnlich wie in einem Gas Staubpartikel, Rauch o. dgl. durch Einstrahlen eines hellen Lichtes sichtbar gemacht werden können. An Stellen einer störungsfreien, guten stoffschlüssigen Bindung zwischen eingegossener Zylinderlaufbüchse und Kurbelgehäuse — gemäß Fig. 5 — geht der emittierte Ultraschallimpuls nahezu echofrei durch die störungsfreie Wandung hindurch; die Intensität des Echos ist hier sehr gering. An durch Lufteinschlüsse und kleine Spalte gestörten Stellen — Fig. 6 — ist die Intensität des remittierten Ultraschalles sehr viel größer, wogegen bei flächenhaft ausgedehnten Spalten — Fig. 7 — ein sehr hoher Anteil des ausgesandten Ultraschalles zurückgeworfen wird. Mit einer solchen Versuchsanordnung kann man nun mit hoher örtlicher Auflösung die gesamte Oberfläche einer Zylinderlaufbüchse zeilenweise abfahren und erhält dadurch Ultraschall-Remissions-Aufnahmen über der abgewinkelten Mantelfläche der Zylinderlaufbüchse, wie sie in den Fig. 8a bis 8f bzw. 9a bis 9h zu sehen sind.

Die Ultraschall-Remissions-Aufnahmen nach den

Fig. 8a bis 8f zeigen eine gute Bindung zwischen Zylinderlaufbüchse und Gehäusebasiswerkstoff. Diese Zylinderlaufbüchsen wurden vor dem Eingießen an ihrer Außenseite 10 erfindungsgemäß aufgeraut. Der kreuzschraffierte, eine gute stoffschlüssige Bindung repräsentierende Bereich nimmt hier anteilig eine große Fläche ein — etwa 80 bis 95%. Lediglich bei einigen Zylindern sind in getriebe- bzw. einlaßseitig liegenden Zonen geringere, von ihrer Größe her tolerierbare Stellen mit schlechter Bindung enthalten. Keine Umfangsstelle der Zylinderlaufbüchse ist ganz ohne stoffschlüssige Anbindung an den Gehäusewerkstoff. Soweit der Bereich einer stoffschlüssigen Anbindung axial nur kurz ist, so ist dies auf den Bereich einer einzigen, lokal geringen Umfangsstelle einiger Zylinder beschränkt. Im übrigen reproduzieren sich diese Bilder weder bei den einzelnen Zylindern eines Kurbelgehäuses noch bei nacheinander gegossenen Kurbelgehäusen. Durch Optimierungsmaßnahmen insbesondere bei der Schmelzeführung lassen sich hier sicherlich noch Verbesserungen erzielen.

Im Bereich des oberen Randes der einzelnen Remissionsaufnahmen von Fig. 8 ist ein schmaler Streifen ohne stoffschlüssige Anbindung vorhanden, was nicht weiter verwunderlich ist, weil das Umgießen entsprechend der Gießlage und der Schmelzeführung von unten nach oben erfolgt und der obere Bereich von der Schmelze zuletzt erreicht wird. Nachdem dieser schlecht angebundene Bereich jedoch im Bereich des sog. Feuersteiges des Kolbens oberhalb der Kolbenringe liegt, ist aus Gründen einer geringen Schadstoffemission in diesem Bereich eine höhere Zylinderwandtemperatur durchaus erwünscht und ein etwaiger montagebedingter Zylinderverzug absolut vernachlässigbar.

Demgegenüber zeigen die am Beispiel eines prinzipiell baugleichen, jedoch achtzylindrigen Kurbelgehäuses gewonnenen Ultraschall-Remissions-Aufnahmen nach den Fig. 9a bis 9h zum Vergleich, wie vergleichsweise schlecht das Bindungsergebnis ist, wenn die Büchsenrohlinge außenseitig in konventioneller Weise spanabhebend überdreht werden. Zwar reproduzieren sich hier die Verteilungen guter und schlechter Anbindung der zusammenzugießenden Teile relativ gleichmäßig, jedoch sind die Ergebnisse hier sehr schlecht. Und zwar nimmt in den Remissionsaufnahmen nach Fig. 9 der kreuzschraffierte Bereich einer guten Bindung anteilig eine nur sehr kleine Fläche ein — etwa 20%. Die Stellen einer guten Bindung liegen alle — entsprechend der Schmelzeführung — auslaßseitig im Kurbelgehäuse. Der Anteil ohne Bindung oder mit einer gestörten Bindung ist sehr hoch und würde u. U. eine geordnete Abfuhr der Betriebs-Abwärme der Brennkraftmaschine in das Kühlwasser zumindest in bestimmten Last- und/oder Umgebungsbedingungen beeinträchtigen. Es würde darüberhinaus sowohl in Umfangs- als auch in Axialrichtung zu einer ungleichen Temperaturverteilung in der Zylinderlaufbüchse und demgemäß zu einer recht ungleichmäßigen thermischen Verformung der Büchse kommen, die ein größeres Kolbenspiel erforderlich machen würde, was wiederum wegen des größeren Spaltvolumens zwischen Kolbenumfang und Zylinderlauffläche einen höheren Anteil an unverbrannten Kohlenwasserstoffen im Abgas zu Folge hätte. Weiterhin wäre bei den unvollkommen eingegossenen Zylinderlaufbüchsen nach den Fig. 9a bis 9h zu beanstanden, daß sie an großen Umfangsbereichen axial an keiner Stelle mit dem Gehäusewerkstoff verbunden sind und an diesen Stellen axial unter dem Druck der Zylinderkopfdichtung örtlich axial nachgeben können, was nicht nur zu einer unglei-

chen Verteilung der Anpreßkraft der Zylinderkopfdichtung führt, sondern auch die ungleiche Verformung der Zylinderlaufbüchse erhöht. Ungleiche Lauflflächenformen, d. h. im Bereich von wenigen μm von der Kreisform und von der geradlinigen Mantelform abweichende Zylinderformen sind ungünstig im Hinblick auf einen ruhigen Kolbenlauf und eine gute Dichtwirkung der Kolbenringe. In Fällen eines nicht anschmelzenden Eingießens von Zylinderlaufbüchsen hat man schon endseitig an den Büchsen außen Sicherungsbünde angeformt, die einen axialen Formschluß der Büchse im Kurbelgehäuse sichern und ein axiales lockern der Büchse verhindern sollen. Diese Bünde sind jedoch meist nur durch einen zusätzlichen Bearbeitungsgang — spanabhebendes Drehen im Bereich zwischen den Bünden — und durch einen erhöhten Rohstoffeinsatz darstellbar.

Um die erfindungsgemäße Aufrauung an einem einzugießenden Rohling einer Zylinderlaufbüchse herstellen zu können, wird zunächst ein rohrförmiges Rohteil hergestellt und auf Sollform und Sollmaß bearbeitet. Zum Aufrauen der vom Werkstoff 16 des Leichtmetall-Kurbelgehäuses 2 zu umfassenden, außenseitigen Oberfläche 10 des Rohlings 9 wird diese mit scharfkantig gebrochenen Partikeln 13 aus einem spröden Hartwerkstoffes, vorzugsweise Edelmetall, gestrahlt, die von einem mittels Düse 18 gerichteten Luftstrahl 12 mitgenommen werden. Der luftgetragene Partikelstrahl wird etwa quer, d. h. unter einem Winkel α von etwa $90 \pm 45^\circ$ auf die Behandlungsstelle der Oberfläche 10 des Rohlings 9 gerichtet. Bei ihrem Aufprall auf den Rohling 9 rauhen die Partikel dessen Oberfläche 10 auf und werfen das Material pyramidenähnlich oder lanzettartig zu Materialaufwerfungen 11 auf oder schülpen es aus und bilden dadurch spitze oder scharfkantige Materialerhebungen, die an ihrer Basis breitflächig in den Basiswerkstoff übergehen. Der partikeltragende Luftstrahl muß hinsichtlich seiner wesentlichen Parameter, insbesondere bezüglich Strömungsgeschwindigkeit bzw. Auftreffgeschwindigkeit der Partikel auf die Außenfläche und Partikeldichte im Luftstrom optimiert werden, wobei hier die gewünschte Oberflächentopographie der gerauhten Außenfläche und eine optimale metallurgischen Anbindung der Büchse an den Umguß-Werkstoff als Optimierungsergebnis im Vordergrund stehen. Derartige Parameteroptimierungen sind jedoch für den Fachmann auf dem Gebiet des Partikelstrahlens durchaus zumutbar.

Die verwendeten Partikel 13 des Hartwerkstoffes weisen eine mittlere Korngröße d von etwa $70 \mu\text{m}$ auf. Die Größe dieses Mittelwertes bestimmt wesentlich das Maß der erzielten Rauheit mit. Die mittlere Korngröße sollte größer sein als die angestrebte Rauheit. Bei einer mittleren Korngröße des scharfkantig gebrochenen Strahlmaterials von etwa $70 \mu\text{m}$ ist eine Rauheit von etwa 30 bis $60 \mu\text{m}$ erzielbar. Bei der Angabe der mittleren Korngröße handelt es sich um einen statistischen Mittelwert, der — wie das Diagramm nach Fig. 12 veranschaulichen soll — gemäß einer glockenförmigen Häufigkeitsverteilung 19 nach oben und unter über bzw. unterschritten werden kann. Zwar wird durch den Aufprall der Partikel 13 auf die Außenfläche 10 auch Gewalt auf die Partikel ausgeübt, so daß zumindest ein Teil von ihnen dabei zu Bruch gehen wird. Es wird sich also während des Partikel-Strahlens die Korngröße der verwendeten Hartstoffpartikel in Richtung zu kleineren mittleren Korngrößen (d'') verschieben, wie dies in Fig. 12 durch die strichpunktiert gezeichnete Häufigkeitsverteilung 20 angedeutet ist. Durch ständiges oder

durch wiederholt-fallweises Abfiltrieren einer Feinfraktion — der linke Bereich 14 in dem Verteilungsdiagramm nach Fig. 12 — aus dem Partikelstrom und durch Nachschub einer massenmäßig etwa gleichgroßen Menge eines frischen Partikelgemisches kann eine Häufigkeitsverteilung 21 um einen mittleren Partikeldurchmesser d' erreicht werden, der nur geringfügig kleiner als der ursprüngliche mittlere Durchmesser d ist. Durch diese Pflege des Partikelgemisches kann eine etwa gleichbleibende Partikelgröße und somit eine etwa gleichbleibende Oberflächenrauheit erzielt werden.

Wichtig bei der Auswahl und Pflege des Strahlmaterials ist, daß nicht nur die Partikelgröße sondern auch die Partikelform optimal ist und durch geeignete Pflegemaßnahmen auch optimal bleibt. Zu bevorzugen sind splitterförmige, lanzettförmige, tetraedrische, pyramidenförmige Partikel mit spitzen Ecken, wogegen kubische oder gar globulare Partikel für das vorliegend angestrebte Aufrauen ungünstig sind. Soweit die Partikel durch den Aufprall auf das Werkstück zu Bruch gehen, ist es besser, wenn sie u. U. nach einem mehrmaligen Gebrauch total zerbrechen und in eine ausscheidbare Feinfraktion zerfallen, als daß sie lediglich ihre Ecken abstoßen und eine Kieselsteinform annehmen. Derartig "verrundete" Partikel würden nicht den gewünschten Aufraueffekt erbringen, sondern würden — unter dem Mikroskop betrachtet — eher eine relativ glatte Hammerschlagstruktur auf der gestrahlten Oberfläche hinterlassen. Das gewünschte Bruchverhalten ist vor allem bei spröden Werkstoffen zu beobachten.

Patentansprüche

1. In ein Leichtmetall-Gußteil einzugießender Rohling eines anderen Leichtmetallteiles, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling (9) auf seiner vom Werkstoff (16) des Leichtmetall-Gußteiles (2) zu umfassenden, außenseitigen Oberfläche (10) eine Rauheit von mehr als $20 \mu\text{m}$ aufweist, wobei die Topographie dieser Oberfläche durch spitz auslaufende, in grober Näherung pyramidenähnliche oder lanzettartige Materialausschülpungen oder Materialaufwerfungen (11) gebildet ist, die an ihrer Basis unmittelbar in das Basisgefüge des Büchsenrohlinges übergehen.
2. Rohling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in ihrer Form und Größe stochastisch ausgebildeten, pyramidenähnlichen oder lanzettartigen Materialausschülpungen oder Materialaufwerfungen (11) im statistischen Mittel annähernd gleichmäßig über die Oberfläche (10) verteilt sind.
3. Rohling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rautiefe des Rohlings (9) auf seiner außenseitigen Oberfläche (10) etwa 30 bis $60 \mu\text{m}$ beträgt.
4. Rohling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das einzugießende Leichtmetallteil eine Zylinderlaufbüchse (9) und das dieses Leichtmetallteil aufnehmende Leichtmetall-Gußteil ein Druckguß-Kurbelgehäuse (2) einer Hubkolbenmaschine (8) ist.
5. Rohling nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkstoff (15) der Zylinderlaufbüchse (9) eine übereutektische Aluminium/Silizium-Legierung ist.
6. Verfahren zum Herstellen eines in ein Leichtmetall-Kurbelgehäuse einer Hubkolbenmaschine einzugießenden Rohlinges einer Zylinderlaufbüchse

aus ebenfalls einer Leichtmetall-Legierung, bei dem zunächst ein rohrförmiges Rohteil hergestellt und auf Sollform und Sollmaß bearbeitet wird, insbesondere zur Herstellung einer Zylinderlaufbüchse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Werkstoff (16) des Leichtmetall-Kurbelgehäuses (2) zu umfassende, außenseitige Oberfläche (10) des Rohlings (9) mit von einem gerichteten Gasstrahl (12) mitgenommenen, scharfkantig gebrochenen Partikeln (13) aus einem spröden Hartwerkstoff gestrahlt wird, die bei ihrem Aufprall auf den Rohling (9) dessen Oberfläche (10) aufrauen und das Material pyramidenähnlich oder lanzettartig ausschülpfen oder aufwerfen (11)

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Hartwerkstoff zum Partikelstrahlen der Außenfläche (10) Korund, vorzugsweise Edeldkorund verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die verwendeten Partikel (13) des Hartwerkstoffes eine mittlere Korngröße (d) von etwa 70 µm aufweisen.

9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der luftgetragene Partikelstrahl unter einem Winkel (α) von etwa $90 \pm 45^\circ$ auf die Behandlungsstelle der Oberfläche (10) des Rohlings (9) gerichtet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß aus den verwendeten Partikeln (13) des Hartwerkstoffes eine beim Strahlen aufgrund eines Zerbrechens der Partikel (13) sich bildende Feinfraktion (14) laufend abgeschieden und dadurch sowie durch Zugabe von massenmäßig etwa gleichviel neuen Partikeln (13) mit einer bestimmten mittleren Korngröße (d) die mittlere Korngröße (d') des im Betrieb befindlichen Strahlmaterials zumindest annähernd erhalten wird.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

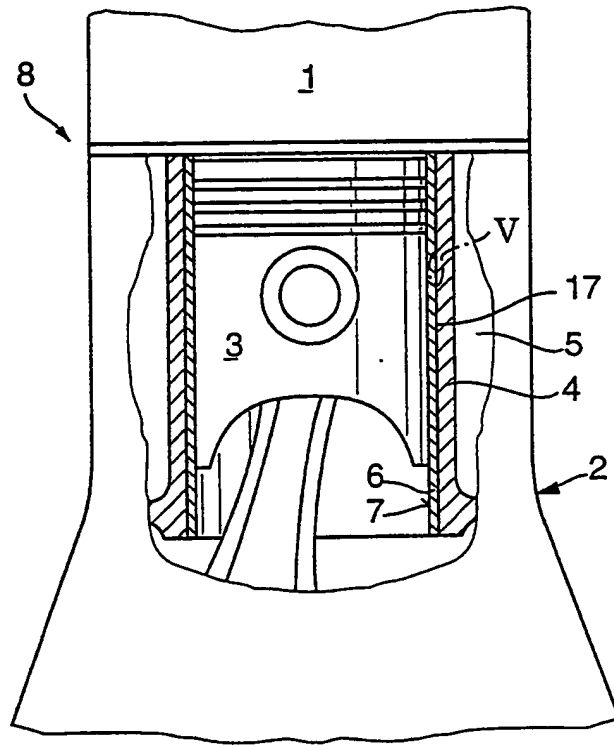


Fig. 2

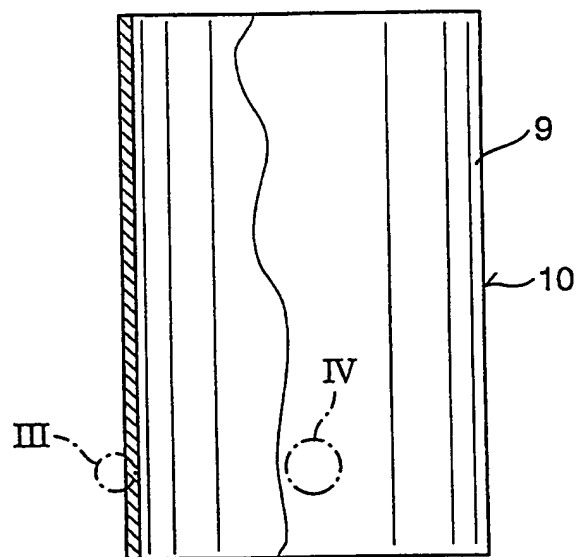


Fig. 3

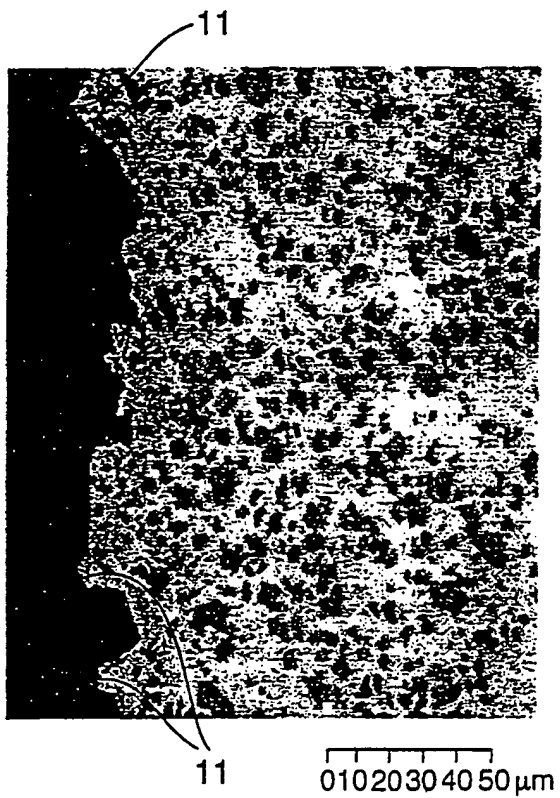


Fig. 4

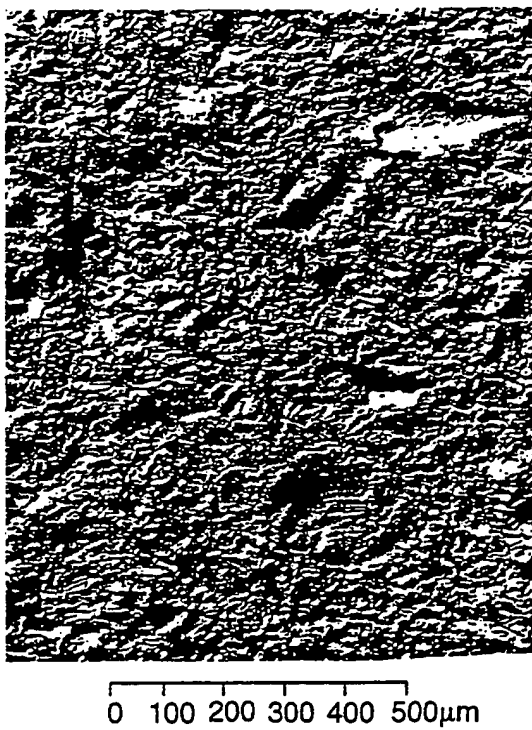


Fig. 5

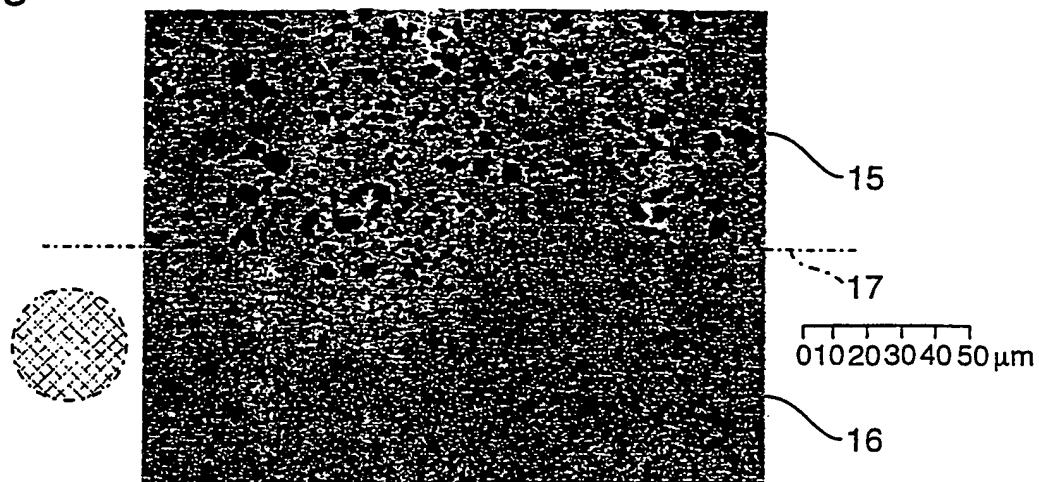


Fig. 6

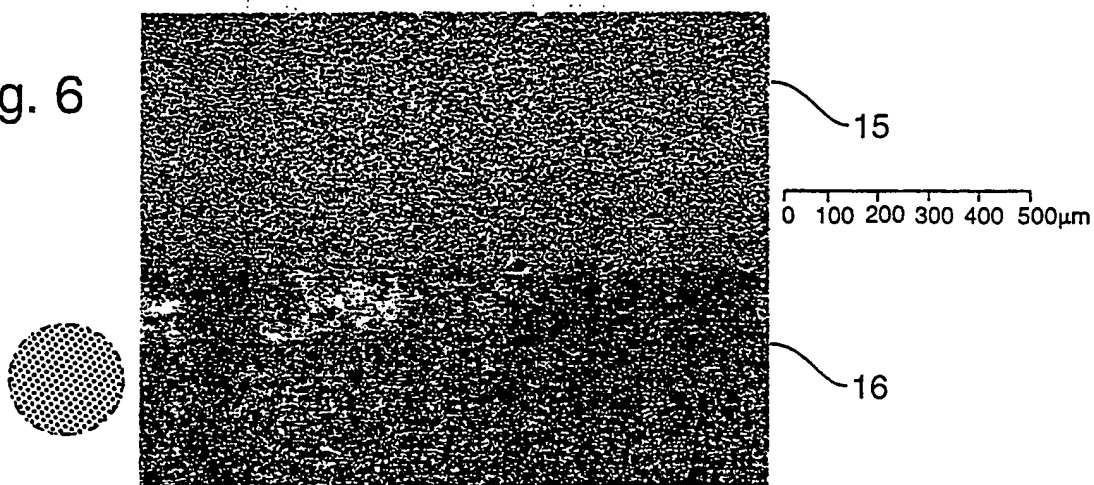
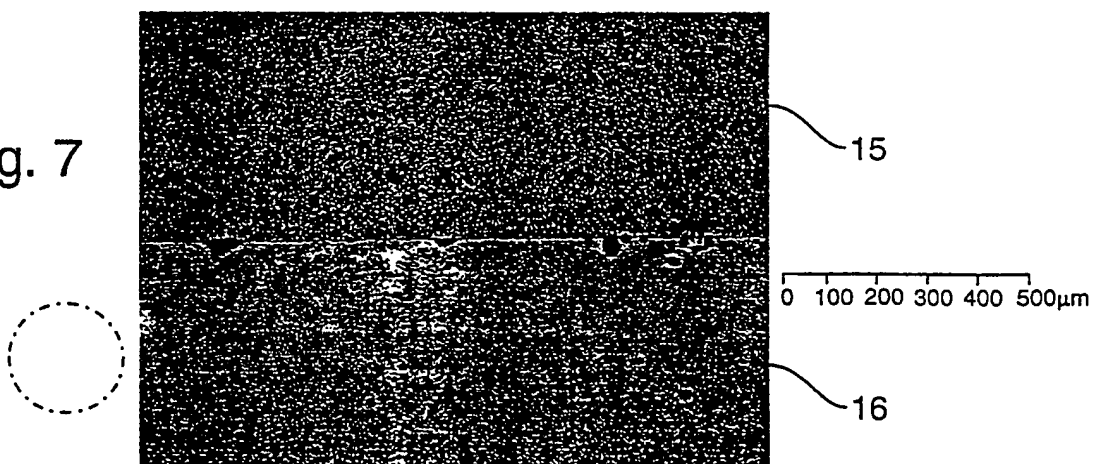


Fig. 7



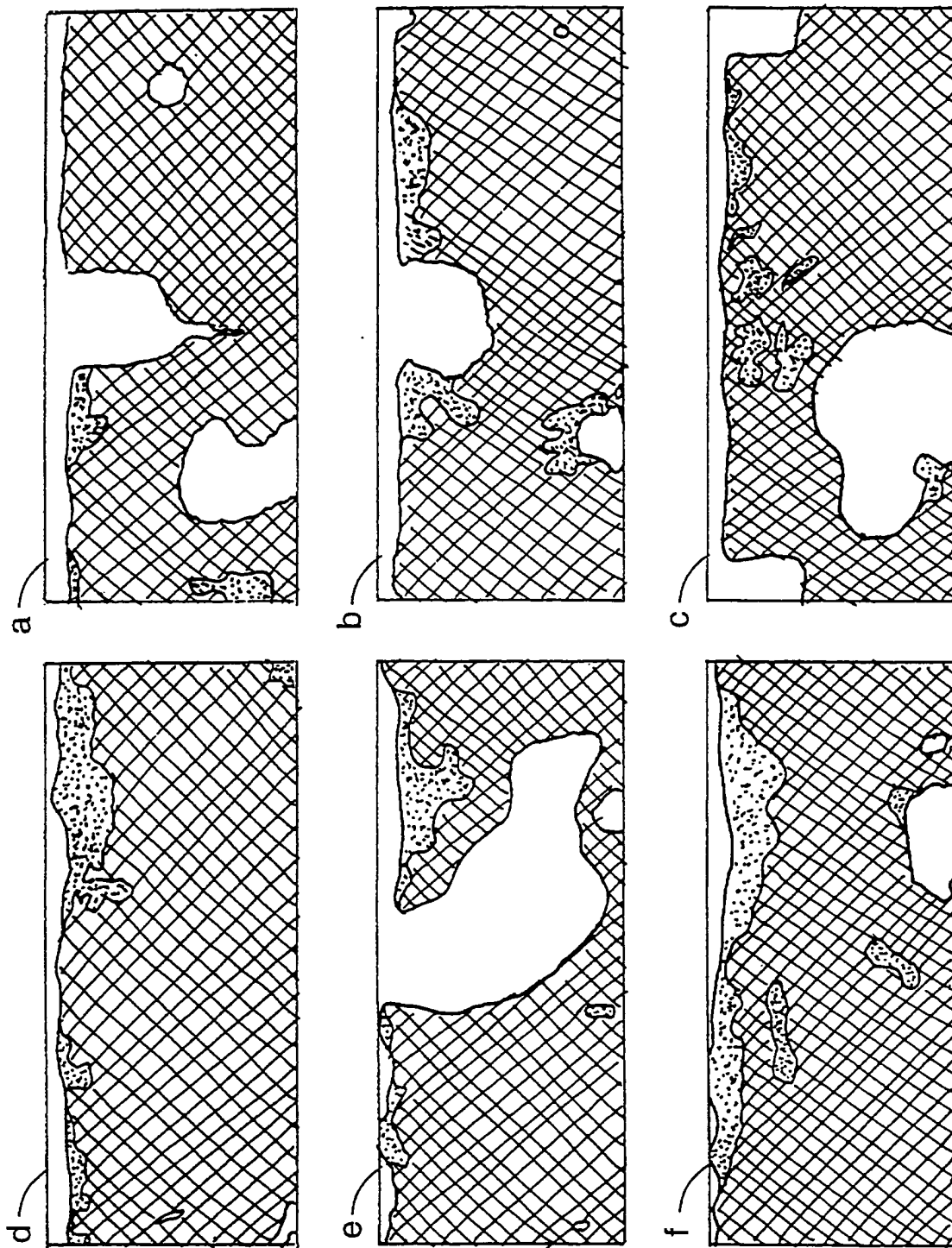


Fig. 8

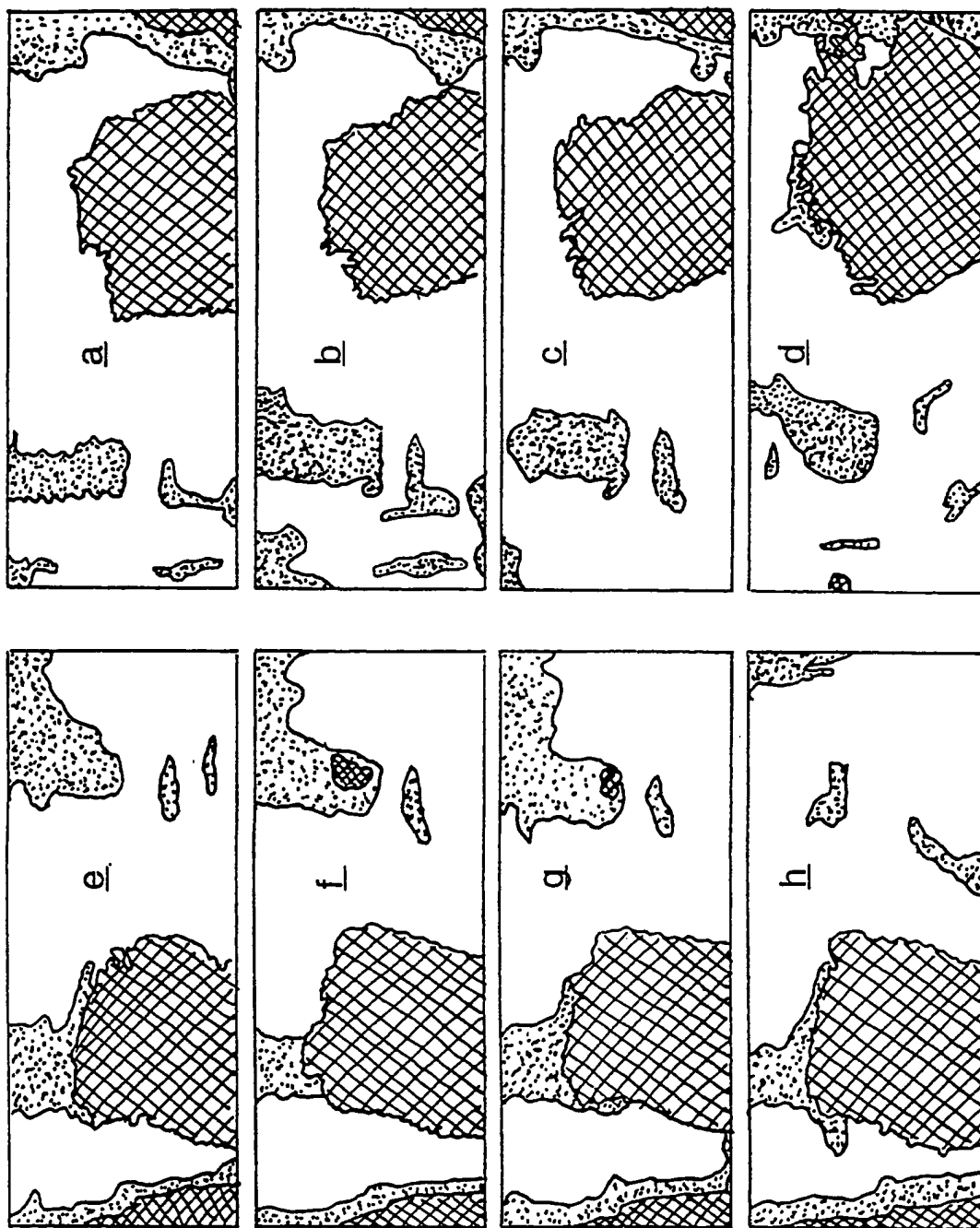


Fig. 9

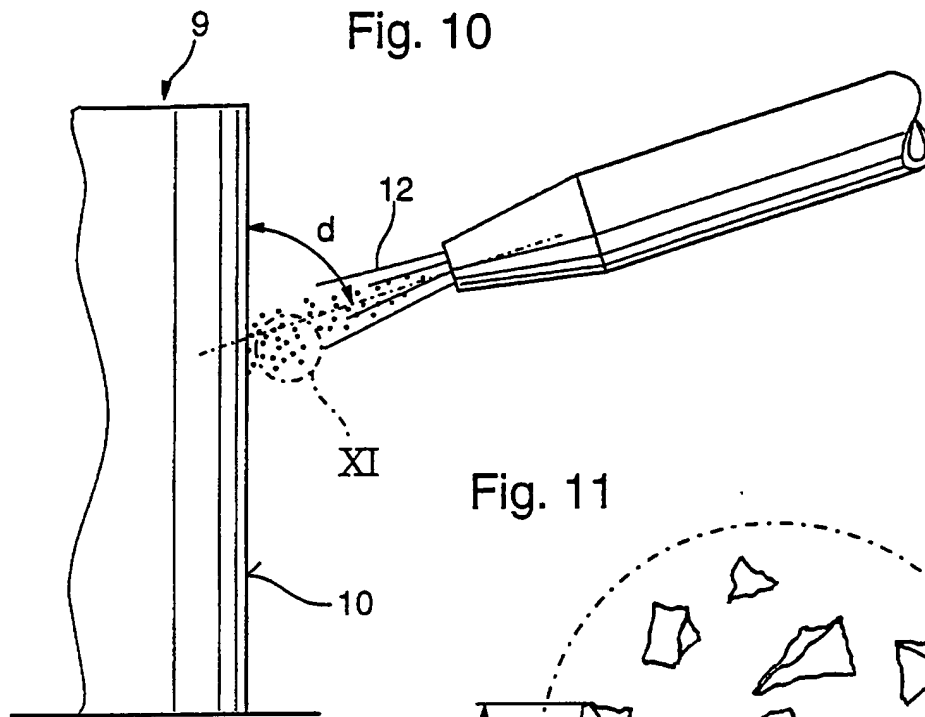


Fig. 11

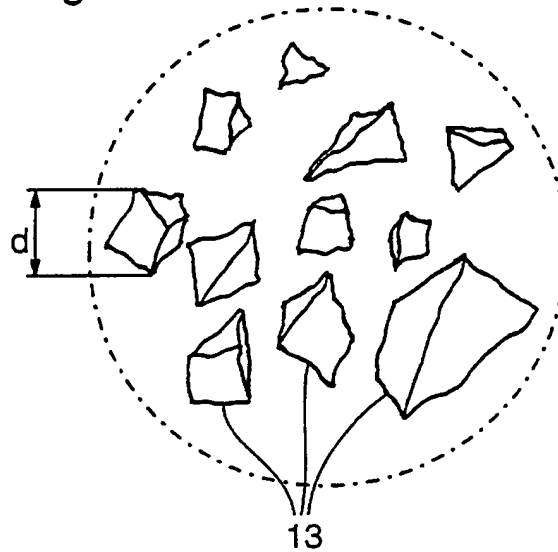


Fig. 12

